

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

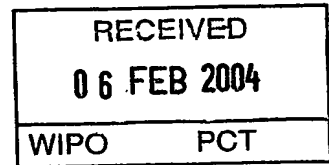
12.12.03

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日
Date of Application: 2002年12月25日

出願番号
Application Number: 特願2002-373745
[ST. 10/C]: [JP 2002-373745]



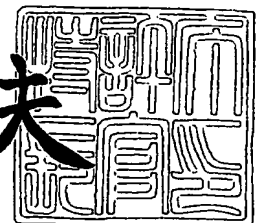
出願人
Applicant(s): ソニー株式会社

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

2004年 1月23日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井康夫



【書類名】 特許願

【整理番号】 0290543602

【提出日】 平成14年12月25日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01L 27/14

【発明者】

【住所又は居所】 東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 3 5 号 ソニー株式会社
内

【氏名】 菰口 徹哉

【特許出願人】

【識別番号】 000002185

【氏名又は名称】 ソニー株式会社

【代理人】

【識別番号】 100089875

【弁理士】

【氏名又は名称】 野田 茂

【電話番号】 03-3266-1667

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 042712

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0010713

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 固体撮像素子及びその製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 半導体基板に形成された光電変換部と、前記半導体基板上にゲート絶縁膜を介して設けられた上層膜と、前記上層膜の上面から前記光電変換部の受光領域上のゲート絶縁膜にかけて形成された孔部と、前記孔部内に埋め込まれた光導波部とを有し、

前記光導波部は少なくとも水素を含有する第 1 の高屈折率材を有して形成され

、
前記光電変換部は水素雰囲気中の熱処理によって前記第 1 の高屈折率材から光電変換部側に放出された水素が含有されている、

ことを特徴とする固体撮像素子。

【請求項 2】 前記第 1 の高屈折率材は、プラズマ CVD によって形成された窒化シリコン材であることを特徴とする請求項 1 記載の固体撮像素子。

【請求項 3】 前記光電変換部の受光領域上のゲート絶縁膜の上面に、前記上層膜に孔部をエッチングによって形成する際に用いるエッチングストッパ膜が設けられ、前記光導波部の第 1 の高屈折率材が前記エッチングストッパ膜に形成され開口部を通して前記ゲート絶縁膜に接触していることを特徴とする請求項 1 記載の固体撮像素子。

【請求項 4】 前記エッチングストッパ膜が減圧 CVD によって形成された窒化シリコン膜であることを特徴とする請求項 3 記載の固体撮像素子。

【請求項 5】 前記エッチングストッパ膜を形成する窒化シリコン膜が前記半導体基板の受光領域以外の領域の一部または全体に設けられていることを特徴とする請求項 4 記載の固体撮像素子。

【請求項 6】 前記半導体基板に複数のトランジスタが形成され、前記エッチングストッパ膜を形成する窒化シリコン膜の前記受光領域以外の領域に配置される窒化シリコン膜が、前記複数のトランジスタのうちの少なくとも一部または全部のトランジスタを覆う領域に設けられていることを特徴とする請求項 5 記載の固体撮像素子。

【請求項 7】 前記エッチングストップ膜を形成する窒化シリコン膜の前記受光領域以外の領域に配置される窒化シリコン膜が、少なくとも前記光電変換部の近傍に配置されるトランジスタを覆う領域に設けられていることを特徴とする請求項 6 記載の固体撮像素子。

【請求項 8】 前記エッチングストップ膜を形成する窒化シリコン膜の前記受光領域以外の領域に配置される窒化シリコン膜が、前記トランジスタのゲート電極と前記ゲート電極の上層に配置される配線層との中間に配置されていることを特徴とする請求項 6 記載の固体撮像素子。

【請求項 9】 前記光導波部の第 1 の高屈折率材は上端側に開口した空洞部を有し、前記空洞部内に第 2 の高屈折率材を配置した構造を有することを特徴とする請求項 1 記載の固体撮像素子。

【請求項 10】 前記第 1 の高屈折率材の屈折率が前記第 2 の高屈折率材の屈折率よりも高く、前記第 2 の高屈折率材の屈折率が前記上層膜の屈折率よりも高いことを特徴とする請求項 9 記載の固体撮像素子。

【請求項 11】 前記第 2 の高屈折率材が合成樹脂材であることを特徴とする請求項 9 記載の固体撮像素子。

【請求項 12】 前記合成樹脂材がポリイミド系樹脂であることを特徴とする請求項 11 記載の固体撮像素子。

【請求項 13】 半導体基板に形成された光電変換部と、前記半導体基板上にゲート絶縁膜を介して設けられた上層膜と、前記上層膜の上面から前記光電変換部の受光領域上のゲート絶縁膜にかけて形成された孔部と、前記孔部内に埋め込まれた光導波部とを有する固体撮像素子の製造方法であって、

前記上層膜に形成した孔部に、前記光導波部の少なくとも一部となる水素を含有する第 1 の高屈折率材を埋め込む工程と、

前記第 1 の高屈折率材に水素雰囲気中の熱処理を施すことにより、前記第 1 の高屈折率材から光電変換部側に水素を放出させる工程と、

を有することを特徴とする固体撮像素子の製造方法。

【請求項 14】 前記第 1 の高屈折率材を窒化シリコンのプラズマ CVD によって形成することを特徴とする請求項 13 記載の固体撮像素子の製造方法。

【請求項 15】 前記光電変換部及びゲート絶縁膜を形成した半導体基板上にエッチングストッパ膜を形成する工程と、前記エッチングストッパ膜上に前記上層膜を形成する工程と、前記上層膜にエッチングを施すことにより前記孔部を形成する工程と、前記孔部の底部に残ったエッチングストッパ膜を除去する工程とを有することを特徴とする請求項 13 記載の固体撮像素子の製造方法。

【請求項 16】 前記エッチングストッパ膜を窒化シリコンの減圧 CVD によって形成することを特徴とする請求項 15 記載の固体撮像素子の製造方法。

【請求項 17】 前記エッチングストッパ膜を形成する窒化シリコン膜を前記半導体基板の受光領域以外の領域に残すことを特徴とする請求項 15 記載の固体撮像素子の製造方法。

【請求項 18】 前記受光領域以外の領域に残す窒化シリコン膜を、前記半導体基板に形成された複数のトランジスタのうちの少なくとも一部または全部のトランジスタを覆う領域に残すことを特徴とする請求項 15 記載の固体撮像素子の製造方法。

【請求項 19】 前記受光領域以外の領域に残す窒化シリコン膜を、少なくとも前記光電変換部の近傍に配置されるトランジスタを覆う領域に残すことを特徴とする請求項 18 記載の固体撮像素子の製造方法。

【請求項 20】 前記受光領域以外の領域に残す窒化シリコン膜を、前記トランジスタのゲート電極と前記ゲート電極の上層に配置される配線層との中間に配置することを特徴とする請求項 17 記載の固体撮像素子の製造方法。

【請求項 21】 前記光導波部の第 1 の高屈折率材には上端側に開口した空洞部が形成され、前記空洞部内に第 2 の高屈折率材を配置する工程を有することを特徴とする請求項 13 記載の固体撮像素子の製造方法。

【請求項 22】 前記第 1 の高屈折率材の屈折率が前記第 2 の高屈折率材の屈折率よりも高く、前記第 2 の高屈折率材の屈折率が前記上層膜の屈折率よりも高いことを特徴とする請求項 21 記載の固体撮像素子の製造方法。

【請求項 23】 前記第 2 の高屈折率材を合成樹脂材より形成することを特徴とする請求項 21 記載の固体撮像素子の製造方法。

【請求項 24】 前記合成樹脂材がポリイミド系樹脂であることを特徴とす

る請求項 23 記載の固体撮像素子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、光電変換部に光を集光する光導波路を備えた固体撮像素子及びその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

従来の固体撮像素子において、光電変換部（フォトダイオード）の受光領域上の配線層に井戸構造で光導波路を設け、受光領域への集光効率を高めるようなものが知られている（例えば、特許文献1、特許文献2参照）。

【0003】

図6は、このような固体撮像素子の具体例として光導波路のコア（光導波部）に高密度プラズマCVD（chemical vapor deposition）によって形成した窒化シリコン（以下、プラズマ窒化シリコンという）を用いた例を示す断面図である。

図において、半導体基板100には、素子分離領域103によって分離された画素領域にフォトダイオード（光電変換部）101や転送ゲート104等の画素トランジスタが形成され、半導体基板100の上面にはゲート絶縁膜102を介して転送ゲート104のゲート電極（poly Si 電極）104A、複数層の配線108、及び層間絶縁膜106が設けられている。各配線108及び半導体基板100のコンタクト領域の間には導電プラグ107が設けられ、各層の配線108が接続されている。

また、最上層の絶縁膜106の上にはパッシベーション膜110が設けられ、その上に平坦化膜111を介してカラーフィルタ112及びマイクロレンズ113が設けられている。

【0004】

そして、絶縁膜106には、その最上面からフォトダイオード101の受光領域上のゲート絶縁膜102に到る孔部106Aが形成され、この孔部106Aに

埋め込まれる形で光導波部 109 が設けられている。

この光導波部 109 は、上述のようにプラズマ CVD を用いて絶縁膜 106 の最上面から孔部 106A 内に埋め込み形成されており、このプラズマ窒化シリコンは、絶縁膜 106 を形成している SiO₂ に対して高い屈折率を有している。

したがって、光導波部 109 をコア、絶縁膜 106 をクラッドとして、両者の界面において臨界角より大きい入射角をもつ入射光を全反射させ、フォトダイオード 101 の受光領域に導くものである。

なお、フォトダイオード 101 の受光領域上のゲート絶縁膜 102 の上には、絶縁膜 106 に孔部 106A を形成するエッチング工程で用いるエッチングストップパ膜 105 が形成されている。このエッチングストップパ膜 105 は、減圧 CVD による窒化シリコン膜 (LP-窒化シリコン) によって形成されている。

【0005】

ところで、上述のような高密度プラズマ CVD によって窒化シリコンの光導波部 109 を形成する場合、埋め込み性が悪く、特に孔部 106A が細長い場合には、図 6 に示すように、光導波部 109 の内部にボイド部 109A が形成されてしまい、集光性の悪化、ばらつきが生じる場合がある（例えば、特許文献 3、特許文献 4 参照）。

そこで、上述のようなプラズマ窒化シリコン膜による光導波部 109 の代わりに、プラズマ窒化シリコン膜とポリイミド系樹脂膜の 2 重構造による光導波部を用いたものが知られている（例えば、特許文献 5 参照）。

【0006】

図 7 は、このような 2 重構造の光導波部を用いた固体撮像素子の例を示す断面図である。なお、図 6 に示す例と共通の構成については同一符号を用いて説明は省略する。

図 7 に示す例では、光導波路のコア（光導波部）が外側のプラズマ窒化シリコンによる第 1 光導波部 209A と、この第 1 光導波部 209A 内の空洞部に埋め込まれたポリイミド系樹脂 (PIQ) よりなる第 2 光導波部 209B より構成される。なお、第 1 光導波部 209A は上端部が開口しており、第 1 光導波部 209A の上方からポリイミド材を塗布することにより、第 1 光導波部 209A の開

口から第2光導波部209Bが埋め込まれている。

ポリイミド系樹脂は、プラズマ窒化シリコンよりも屈折率が低いが、周囲のSiO₂よりも高い屈折率を有している。

このような構成では、プラズマ窒化シリコン単体による光導波部109に比べて埋め込み性を改善できる。また、プラズマ窒化シリコンとポリイミド系樹脂が密着性が高いため、優れた光学特性を得ることができる利点がある。

【0007】

【特許文献1】

特開2000-91549号公報

【特許文献2】

特開2000-150845号公報

【特許文献3】

特開平11-121725号公報

【特許文献4】

特開平10-326885号公報

【特許文献5】

特開平10-320885号公報

【0008】

【発明が解決しようとする課題】

ところで、上述した固体撮像素子においては、光導波部側からフォトダイオード側に不純物金属が浸入し、これがフォトダイオード側の結晶欠陥を招き、いわゆる白点ノイズの原因となる問題がある。

特に、図7に示す構成においては、ポリイミド系樹脂に不純物金属(Na、K)が多く含まれているため、熱ストレスにより不純物がフォトダイオード内に拡散するため、白点が増大することが懸念される。

【0009】

そこで本発明の目的は、光導波路から光電変換部への金属拡散による白点増加を抑制でき、画質の向上を図ることが可能な固体撮像素子及びその製造方法を提供することにある。

【0010】

【課題を解決するための手段】

本発明は前記目的を達成するため、半導体基板に形成された光電変換部と、前記半導体基板上にゲート絶縁膜を介して設けられた上層膜と、前記上層膜の上面から前記光電変換部の受光領域上のゲート絶縁膜にかけて形成された孔部と、前記孔部内に埋め込まれた光導波部とを有し、前記光導波部は少なくとも水素を含有する第1の高屈折率材を有して形成され、前記光電変換部は水素雰囲気中の熱処理によって前記第1の高屈折率材から光電変換部側に放出された水素が含有されていることを特徴とする。

【0011】

また本発明は、半導体基板に形成された光電変換部と、前記半導体基板上にゲート絶縁膜を介して設けられた上層膜と、前記上層膜の上面から前記光電変換部の受光領域上のゲート絶縁膜にかけて形成された孔部と、前記孔部内に埋め込まれた光導波部とを有する固体撮像素子の製造方法であって、前記上層膜に形成した孔部に、前記光導波部の少なくとも一部となる水素を含有する第1の高屈折率材を埋め込む工程と、前記第1の高屈折率材に水素雰囲気中の熱処理を施すことにより、前記第1の高屈折率材から光電変換部側に水素を放出させる工程とを有することを特徴とする。

【0012】

本発明の固体撮像素子及びその製造方法では、光導波路に設けられる第1の高屈折率材に含有された水素を光電変換部側に放出させることにより、水素を含有した光電変換部とすることで、光導波路から光電変換部への金属拡散による白点増加を抑制でき、画質の向上を図ることが可能となる。

また、光導波路の孔部の形成に用いるエッチングストッパ膜を光電変換部の受光領域以外の領域にも残すことで、光電変換部以外の領域への水素の浸入を防止でき、トランジスタ等の特性劣化を防止することが可能である。

【0013】

【発明の実施の形態】

以下、本発明による固体撮像素子及びその製造方法の実施の形態例について説

明する。

本実施の形態例は、光導波路構造を有する固体撮像素子において、二種類の透明膜（ポリイミド系樹脂（第2の高屈折率材）、プラズマ窒化シリコン（第1の高屈折率材））を組み合わせた光導波部を用いることにより、光導波部の埋め込み性を向上し、ポリイミド系樹脂からの金属拡散による白点増加を抑制し、かつトランジスタの信頼性劣化を抑えることができる固体撮像素子及びその製造方法を提供するものである。

【0014】

図1は本発明の実施の形態例による固体撮像素子を示す断面図である。

図示の例は、CMOSイメージセンサに適用した例であり、半導体基板（Si基板）20の素子分離領域3によって分離された画素領域にフォトダイオード（光電変換部）1や転送ゲート4等の画素トランジスタが形成されている。

また、半導体基板20の上面には、ゲート絶縁膜2を介して転送ゲート4の転送電極（poly Si電極）4Aが形成され、その上に絶縁膜21を介してエッチングストッパ膜5Aが設けられている。このエッチングストッパ膜5Aは、減圧CVDによる窒化シリコン膜（LP-窒化シリコン）によって形成されている。

また、このエッチングストッパ膜5Aの上には、上層膜となる複数層の配線8、及び層間絶縁膜6が設けられている。各配線8及び半導体基板20のコンタクト領域の間には導電プラグ7が設けられ、各層の配線8が接続されている。なお、層間絶縁膜6には主にSiO₂が用いられている。

また、最上層の絶縁膜6の上にはパッシベーション膜10が設けられ、その上に平坦化膜11を介してカラーフィルタ12及びマイクロレンズ13が設けられている。

【0015】

そして、絶縁膜6には、その最上面からフォトダイオード1の受光領域上のゲート絶縁膜2に到る孔部6Aが形成され、この孔部6Aに埋め込まれる形で光導波部9が設けられている。

この光導波部9は、光導波路のコア（光導波部）が外側のプラズマ窒化シリコ

ンによる第1光導波部9Aと、この第1光導波部9A内の空洞部に埋め込まれたポリイミド系樹脂(PIQ)よりなる第2光導波部9Bより構成される。なお、製造方法は後述するが、第1光導波部9Aは上端部が開口しており、第1光導波部9Aの上方からポリイミド材を塗布することにより、第1光導波部9Aの開口から第2光導波部9Bが埋め込まれている。

詳細は後述するが、ポリイミド系樹脂は、プラズマ窒化シリコンよりも屈折率が低いが、周囲のSiO₂よりも高い屈折率を有している。

このような構成では、プラズマ窒化シリコン単体による光導波部に比べて埋め込み性を改善でき、さらに、プラズマ窒化シリコンとポリイミド系樹脂が密着性が高いため、優れた光学特性を得ることができる利点がある。

また、第1光導波部9Aは十分な膜厚で形成されており、第2光導波部9Bとゲート絶縁膜2とが十分離間した状態で配置され、できるだけポリイミドの不純金属がフォトダイオード1側に拡散しないように形成している。

【0016】

そして、本例では、孔部6A内に第1光導波部9Aを埋め込んだ後、第2光導波部9Bを埋め込む前に、水素アニール処理(水素雰囲気中の熱処理)を行い、プラズマ窒化シリコンに多く含まれる水素をフォトダイオード1内に拡散させることにより、フォトダイオード1内の結晶欠陥を減少させて、白傷ノイズの発生を防止するようになっている。

すなわち、第1光導波部9A(プラズマ窒化シリコン)においては水素を含有しており、水素雰囲気中でアニール処理(例えば400°Cで60分)を施すことにより、フォトダイオード1内への水素供給が促進される。したがって、第2光導波部9Bからフォトダイオード1内へ拡散された金属により、結晶欠陥が引き起こされてできたダングリングボンドに対して、水素による終端効果があらわれて白点低減効果が得られる。

【0017】

この際、第1光導波部9Aの占める割合を第2光導波部9Bに対して多くすることにより、水素供給効果の増大、及び第2光導波部9Bからフォトダイオード1までの距離が広がることで、白点低減効果はさらに大きくなり、さらに、第1

光導波部 9 Aの方が第 2 光導波部 9 Bに比して屈折率が高いため、集光性も向上する。

ただし、第 1 光導波部 9 Aの割合を過剰に大きくすれば、残留応力による剥がれの問題、導波路表面が第 1 光導波部 9 Aにより塞がることによる導波路内のボイドの発生（第 2 光導波部 9 Bが埋め込まれないことになる）が懸念されるため、第 1 光導波部 9 Aの膜厚は例えば 1000 nm程度が適切となる。

【0018】

また、図 1 に示すように、エッチングストップ膜 5 Aは、光導波路の井戸構造を得るための孔部 6 Aをエッチングによって形成する際のエッチングストップとして機能する窒化シリコン膜であるが、本例では、このエッチングストップ膜 5 Aをフォトダイオード 1 の受光領域以外の領域に残すことにより、プラズマ窒化シリコンを用いた水素アニール処理（水素雰囲気中の熱処理）によって、フォトダイオード 1 内に水素を拡散する際に、他の領域のトランジスタ等に水素が浸入しないようにするための水素吸収膜として機能するものである。

【0019】

すなわち、上述した第 1 光導波部 9 Aによる水素供給効果はトランジスタのソース・ドレイン領域に過剰の水素が供給されると、ドレインアバランシェ効果が促進され、トランジスタの信頼性（ホットキャリア耐性）に悪影響を与える。

そこで、エッチングストップ膜 5 Aを形成する減圧 CVDによる窒化シリコン（LP-窒化シリコン）膜は、高い水素吸収効果を有することから、この LP-窒化シリコン膜を受光領域以外の領域（特にトランジスタを覆う領域）に残し、水素の浸入を防止するものである。

なお、本例では、このようなエッチングストップ膜 5 Aの受光領域以外に配置される窒化シリコン膜を水素浸入防止膜 5 Bと称して説明する。

【0020】

このような水素浸入防止膜 5 Bにより、水素の拡散によるトランジスタ等の特性劣化を防止し、適正な動作特性を維持するようになっている。

ただし、トランジスタのコンタクト領域については水素浸入防止膜 5 Bが除去されることになるが、プラグ内部に Ti や TiN 等からなるバリアメタル層が形

成されているため、これによる水素吸収効果によって保護される。

一方、光導波路の部分では、水素を有効にフォトダイオード 1 側に供給するため、エッチングストッパ膜 5 A を完全に除去し、第 1 光導波部 9 A のプラズマ窒化シリコンをゲート絶縁膜 2 に直接接触させ、上述した水素供給効果を得るようになっている。

【0021】

なお、水素浸入防止膜 5 B を設ける領域としては、半導体基板上に設けられる複数のトランジスタ等の能動素子の全ての領域（ただしプラグ等の貫通部分は除く）を覆うものであってもよいし、一部のトランジスタだけを覆うようなものであってもよい。

特に、本例で光導波部に用いるプラズマ窒化シリコンに近い領域に配置されるトランジスタ（例えば転送ゲート等の画素トランジスタ）においては、水素が浸入する可能性が高いので、この領域を水素浸入防止膜 5 B の窒化シリコン膜で包囲することにより、有効に水素を吸収してトランジスタへの浸入を防止することができ、極めて顕著な効果を得ることができる。

【0022】

また、CMOS イメージセンサでは、同一チップ上に画素領域と周辺回路領域が設けられており、周辺回路領域内のトランジスタ等についても、画素領域内のトランジスタほどではないものの、水素が侵入する可能性があるので、この周辺回路領域のトランジスタの上面に水素浸入防止膜 5 B を設けるようにしてもよい。また、エッチングストッパ膜 5 A 及び水素浸入防止膜 5 B は全領域で連続している必要はなく、間欠的に配置されていてもよいし、水素浸入防止膜 5 B を設ける位置は、図 1 に示すように転送電極 4 A と上層膜との間に設ける場合に限らず、場所によってはゲート絶縁膜の直上等であってもよい。

【0023】

図 2 は光導波路内に入射した光の反射経路を示す説明図であり、図 2 (A) は第 1 光導波部 9 A に入射した光の様子を示し、図 2 (B) は第 2 光導波部 9 B に入射した光の様子を示している。

まず、第 1 光導波部 9 A（プラズマ窒化シリコン膜）の屈折率は $n = 2.0$ で

あり、第2光導波部9Bの屈折率は $n = 1.7$ であり、また、層間絶縁膜6の屈折率は $n = 1.4$ である。

このような屈折率の関係により、図2(A)に示す第1光導波部9Aの表面から入射し、そのまま第1光導波部9Aと層間絶縁膜6との界面に到った光は、その入射角 θ_1 、すなわち、この入射角と界面との法線のなす角 θ_1 が臨界角以上である場合に、入射光は界面で反射するようになっている。

同様に第1光導波部9Aと第2光導波部9Bとの界面に到った光が両媒体の臨界角 θ_2 以上である場合に全反射する。

【0024】

ここで、 θ_1 と θ_2 を比較した場合に、次式(1)で表されるスネルの法則が成り立つ。

$$n_a \cdot \sin \theta_a = n_b \cdot \sin \theta_b \quad \dots\dots (1)$$

ただし、 n_a は媒体aの屈折率、 $\sin \theta_a$ は媒体aの屈折角、 n_b は媒体bの屈折率、 $\sin \theta_b$ は媒体bの屈折角である。また、例えば $n_a > n_b$ のとき、 θ_b が 90° を超えるときの θ_a が臨界角となる。

したがって、屈折率の関係から θ_2 のほうが大きいため、第1光導波部9Aから入射した光は入射角が θ_2 以上であれば層間絶縁膜6および第2光導波部9Bの界面において全反射し、フォトダイオード1に入射する。

【0025】

また、図2(B)に示すように、第2光導波部9Bより入射した光は第1光導波部9Aとの界面において屈折し、第1光導波部9A中を進み、第1光導波部9Aと層間絶縁膜6の界面で全反射し、第1光導波部9Aを経由して第2光導波部9Bに入り、さらに対向側の第1光導波部9Aとの界面において屈折し、対向側の第1光導波部9Aと層間絶縁膜6の界面で全反射し、これを繰り返してフォトダイオード1に入射する。

このような光の伝播の条件としては、スネルの法則から第1光導波部9Aの屈折率が第2光導波部9Bの屈折率より高く、かつ第2光導波部9Bと層間絶縁膜6との臨界角 θ_3 以上の入射角が必要となる。

【0026】

次に、以上のような固体撮像素子の製造方法について説明する。

図3～図5は、本例における各製造工程を示す断面図である。

まず、図3 (A) において、従来と同様の工程で、Si基板20にフォトダイオード1や転送ゲート4等の各素子を形成し、さらにSi基板20の上にゲート絶縁膜2、転送電極4、下層の絶縁膜21等を形成する。

そして、その上層全面にエッチングストッパ膜5A及び水素浸入防止膜5Bとなる窒化シリコン膜5を形成する。なお、この窒化シリコン膜5は、孔部形成時のエッチング選択比を考慮して減圧CVDによる窒化シリコン膜を使用する。

【0027】

次に、図3 (B) において、従来と同様の工程で、上層膜（層間絶縁膜6、プラグ7、配線8等）を形成する。なお、この際、窒化シリコン膜5の不要部を例えばプラグ7用コンタクトホール形成工程のドライエッチング等によって選択的に除去し、エッチングストッパ膜5Aと水素浸入防止膜5Bを形成する。なお、この窒化シリコン膜5のエッチングに際しては、 CH_2F_2 、 CHF_3 等の水素含有有機系ガスを使用する。

そして、上層膜にエッチングによって孔部6Aを形成する。この際、上層膜上にレジストパターンニングを施し、エッチングストッパ膜5Aをストッパとした異方性ドライエッチングによって開口作業を行い、その後、レジストを除去し、エッチングストッパ膜5Aの光導波路に対応する部分を除去し、この部分のゲート絶縁膜2を露呈させる。

【0028】

次に、図4 (C) に示すように、上層膜（絶縁膜6）の上面にプラズマCVDを施すことにより、プラズマ窒化シリコン膜9aを形成し、プラズマ窒化シリコンの一部を孔部6A内に埋め込み、第1光導波部9Aとなる部分を形成する。そして、この段階で水素雰囲気中でアニール処理を施す。これは、例えば 400°C で60分間を行う。これにより、水素をフォトダイオード1に供給する。

次に、図4 (D) に示すように、プラズマ窒化シリコン膜9aの上からポリイミド膜9bを塗布し、プラズマ窒化シリコン膜9aの空洞部にポリイミドの第2光導波部9Bとなる部分を埋め込む。これは3000rpm、30秒間のスピン

コートで塗布する。

次に、下地（酸化膜、窒化膜）との接着力を確保するため、窒素または空気雰囲気中で硬化処理を施す。これは、例えば 300°C から 350°C で 60 分間を行う。

【0029】

次に、図 5（E）に示すように、上層膜（絶縁膜 6）の上面に残ったプラズマ窒化シリコン膜 9a とポリイミド膜 9b をダウンフロープラズマエッチングにより除去し、上層膜（絶縁膜 6）の上面までエッチバック処理してグローバル平坦化処理を施す。なお、ポリイミド膜 9b にはフッ素系ガスを用い、プラズマ窒化シリコン膜 9a には CHF_3 、Ar、 O_2 ガスを用いる。

この後、図 5（F）に示すように、従来と同様の工程で、パッシベーション膜 10、平坦化膜 11、カラーフィルタ 12、オンチップレンズ 13 を順次形成し、固体撮像素子を完成する。

【0030】

以上のような本例の固体撮像素子及びその製造方法では、以下のような効果を得ることができる。

（1）光導波路を構成する第 2 光導波部にポリイミド系樹脂を使用することにより、光導波部の埋込み性を向上でき、集光性の向上、感度特性バラツキの低減を図ることができる。特に、多層配線構造を有する固体撮像素子においては、多層配線化、多画素化に伴い、光導波路のアスペクト比が高くなるため、より顕著な効果を得ることができる。

（2）第 2 光導波部にポリイミド系樹脂を使用しても、第 1 光導波部としてプラズマ窒化シリコン膜を使用し、水素アニールを施すことによってポリイミドからの金属拡散による白点増加を抑制できる。

（3）第 1 光導波部となるプラズマ窒化シリコン膜の水素アニールによる水素供給効果に対し、トランジスタ領域上においては孔部形成用のエッチストップパ膜で用いる LP-窒化シリコン膜によって水素が吸収され、下層のトランジスタを保護できるため、トランジスタの信頼性（ホットキャリア耐性）の劣化を防止できる。

【0031】

【発明の効果】

以上説明したように本発明の固体撮像素子及びその製造方法によれば、光導波路に設けられる第1の高屈折率材に含有された水素を光電変換部側に放出させることにより、水素を含有した光電変換部とすることで、光導波路から光電変換部への金属拡散による白点増加を抑制でき、画質の向上を図ることができる効果がある。

また、光導波路の孔部の形成に用いるエッチングストッパ膜を光電変換部の受光領域以外の領域にも残すことで、光電変換部以外の領域への水素の浸入を防止でき、トランジスタ等の特性劣化を防止することができる効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の実施の形態例による固体撮像素子を示す断面図である。

【図2】

図1に示す固体撮像素子の光導波路内に入射した光の反射経路を示す説明図である。

【図3】

図1に示す固体撮像素子の各製造工程を示す断面図である。

【図4】

図1に示す固体撮像素子の各製造工程を示す断面図である。

【図5】

図1に示す固体撮像素子の各製造工程を示す断面図である。

【図6】

従来の固体撮像素子の第1の例を示す断面図である。

【図7】

従来の固体撮像素子の第1の例を示す断面図である。

【符号の説明】

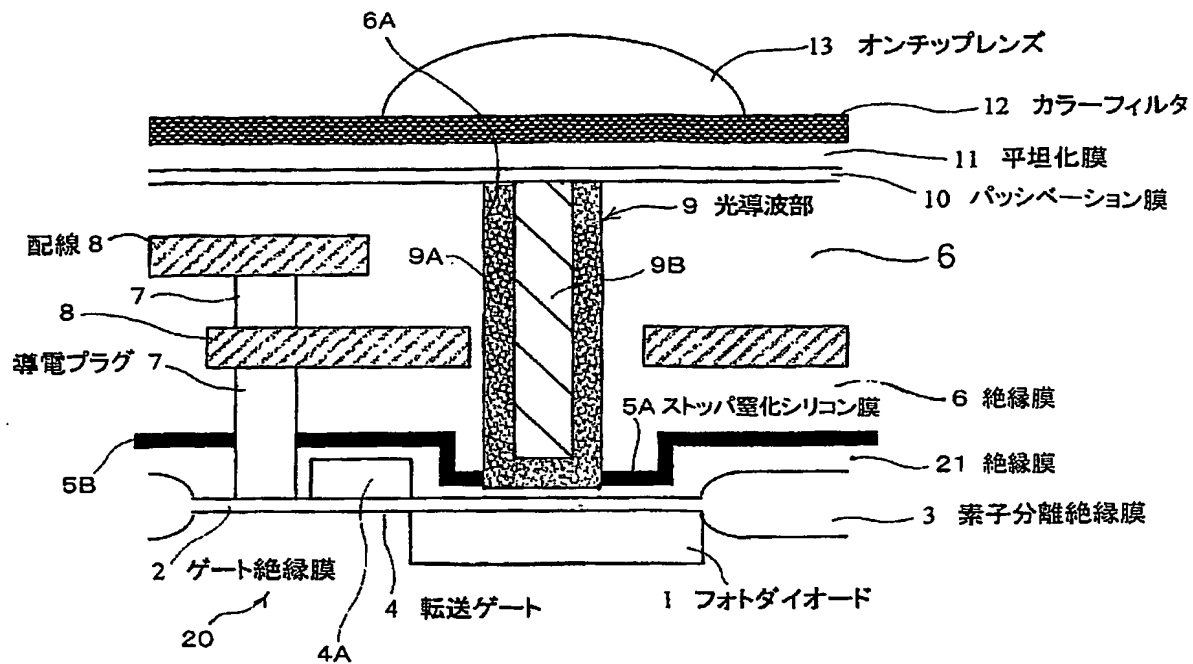
1……フォトダイオード、2……ゲート絶縁膜、3……素子分離領域、4……転送ゲート、5……LP-窒化シリコン膜、5A……エッチングストッパ膜、5

B……水素浸入防止膜、6……層間絶縁膜、7……プラグ、8……配線、9……光導波部、9A……第1光導波部（プラズマ窒化シリコン）、9B……第2光導波部（ポリイミド）、10……パッシベーション膜、11……平坦化膜、12……カラーフィルタ、13……マイクロレンズ、20……半導体基板。

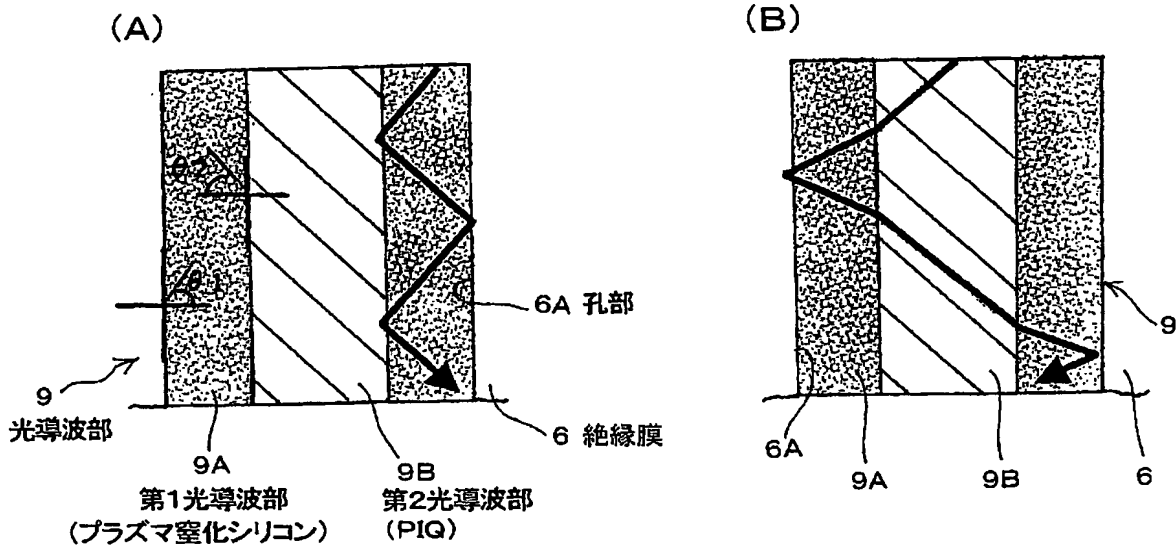
【書類名】

図面

【図1】

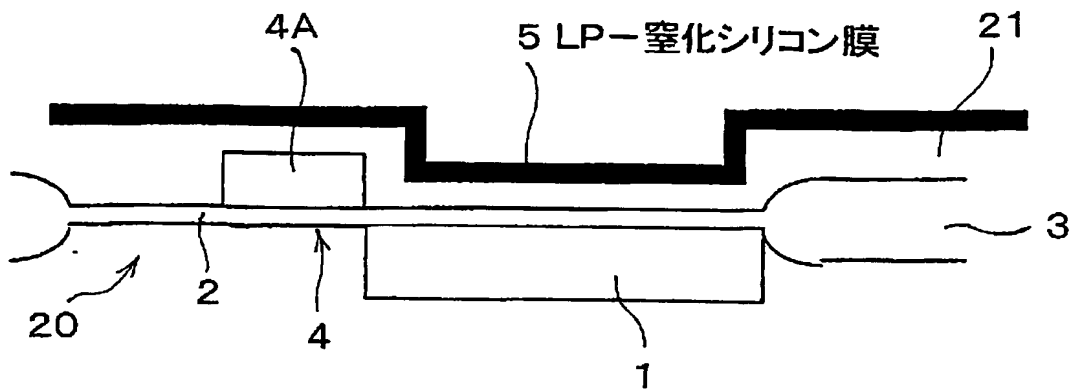


【図2】

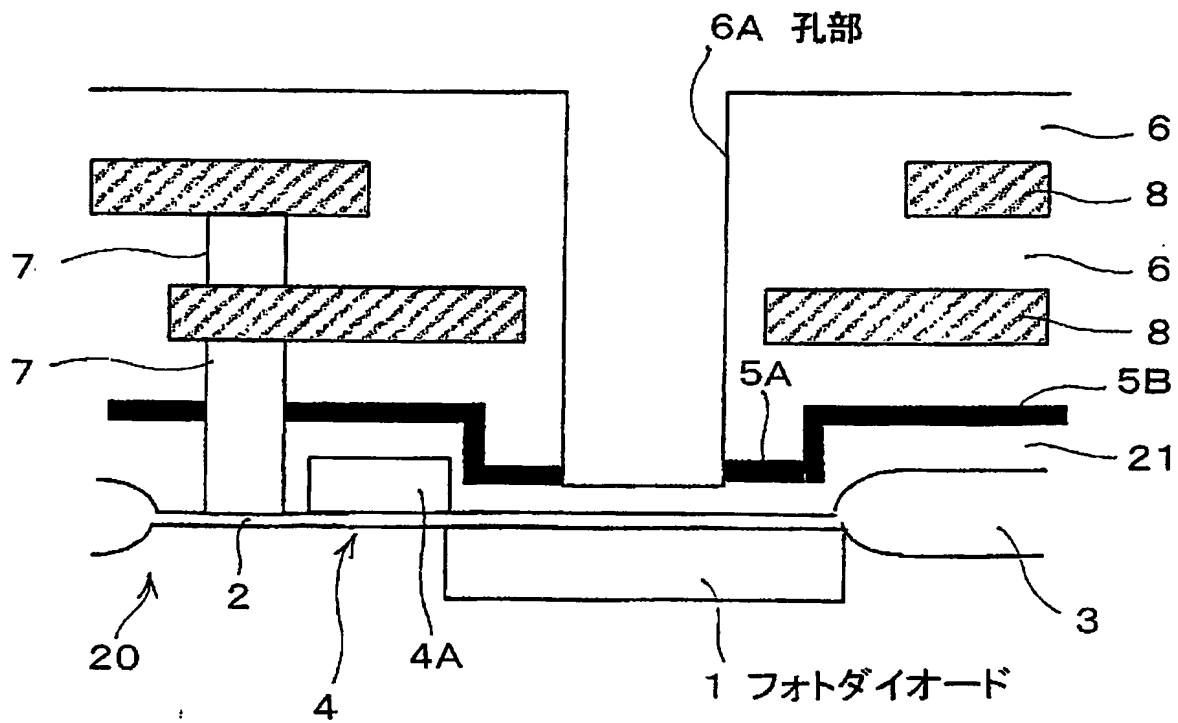


【図 3】

(A)

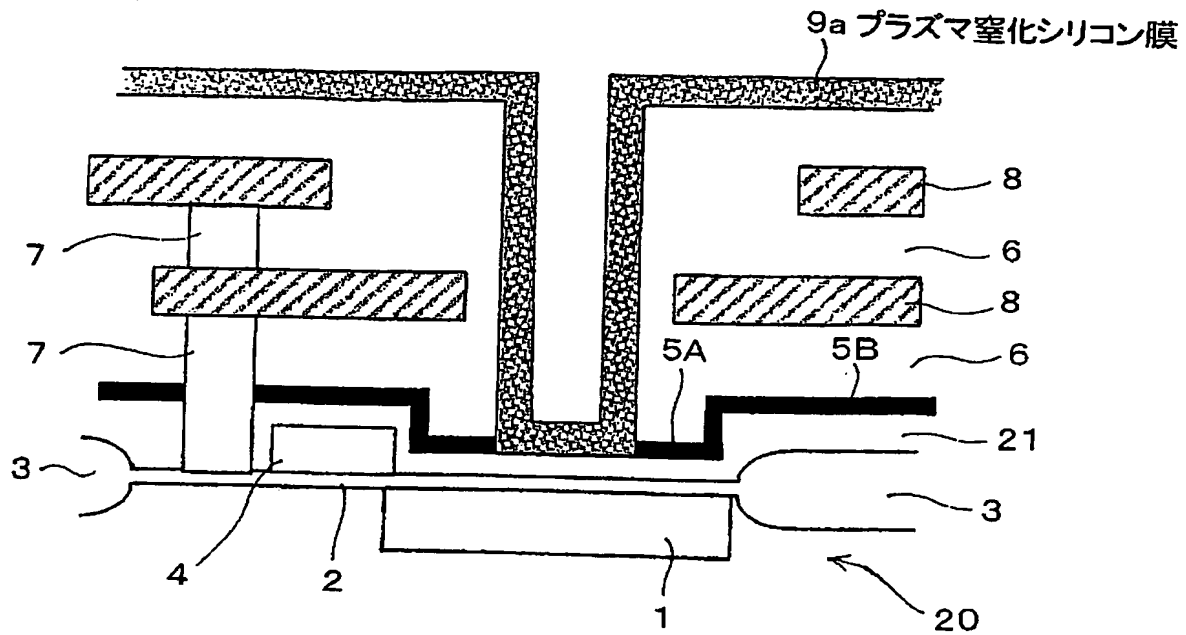


(B)

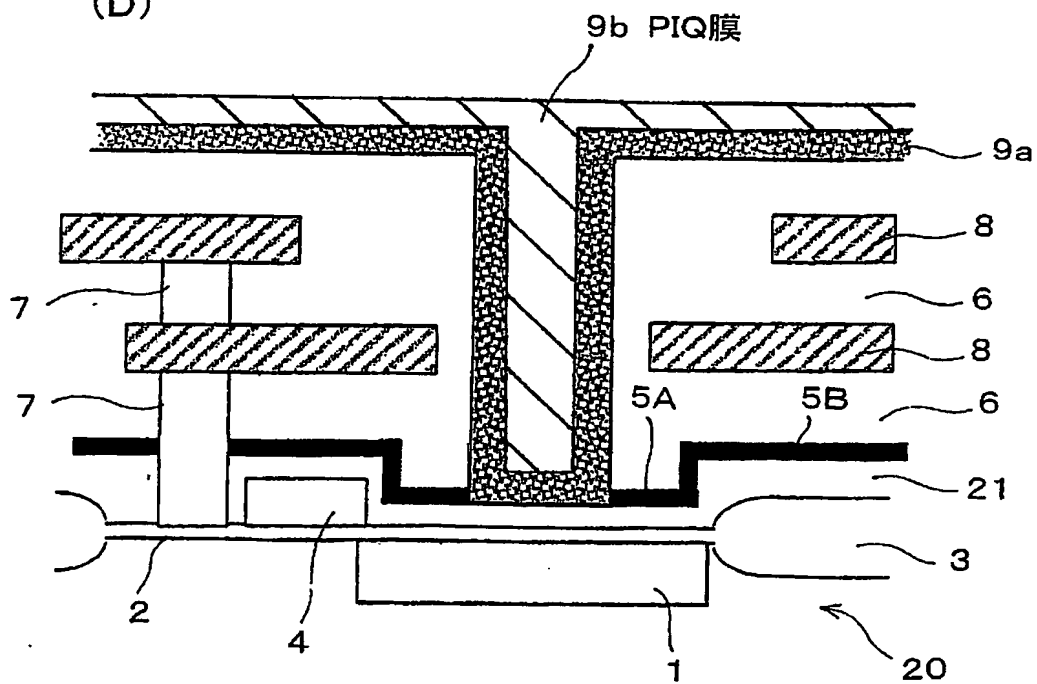


【図4】

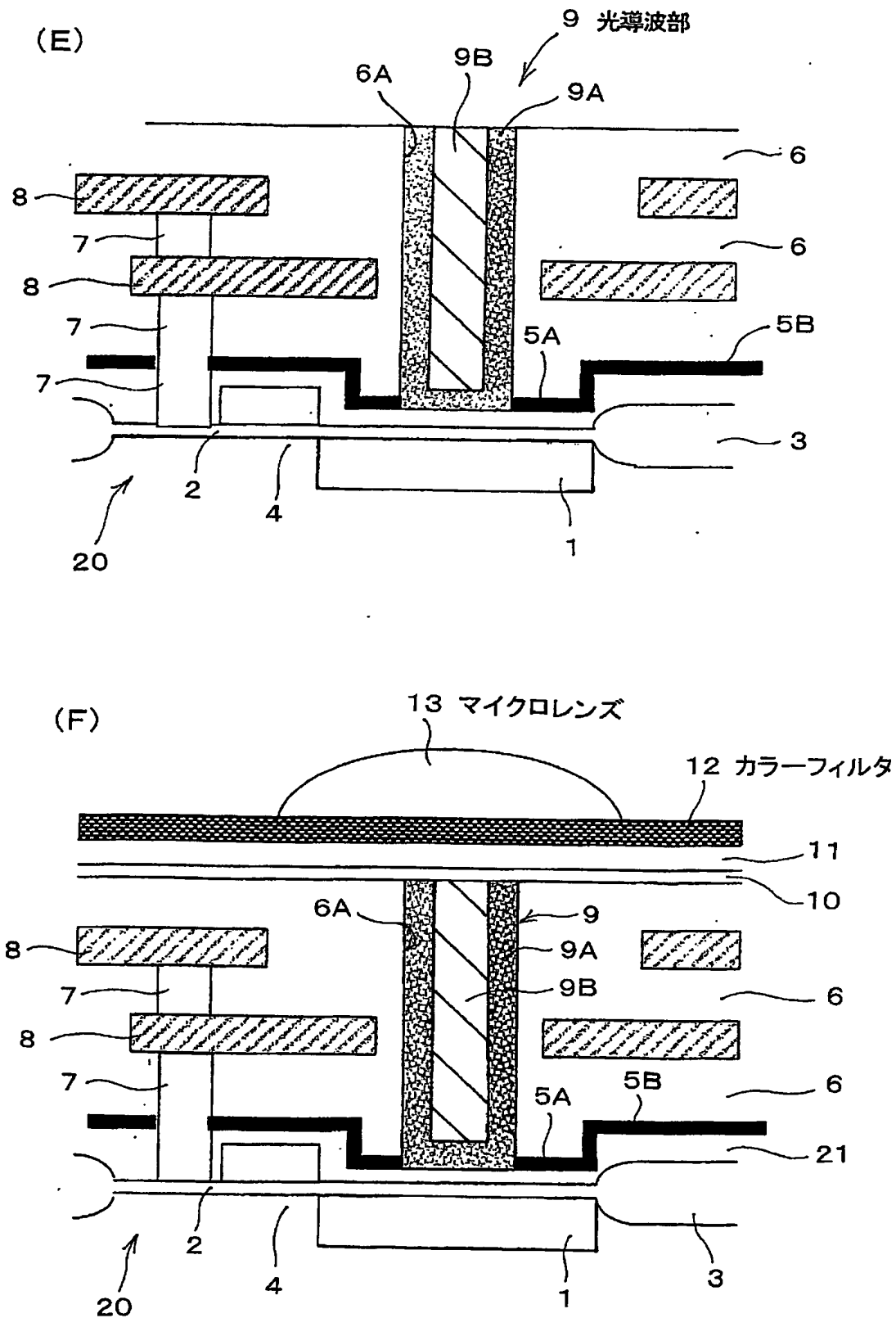
(C)



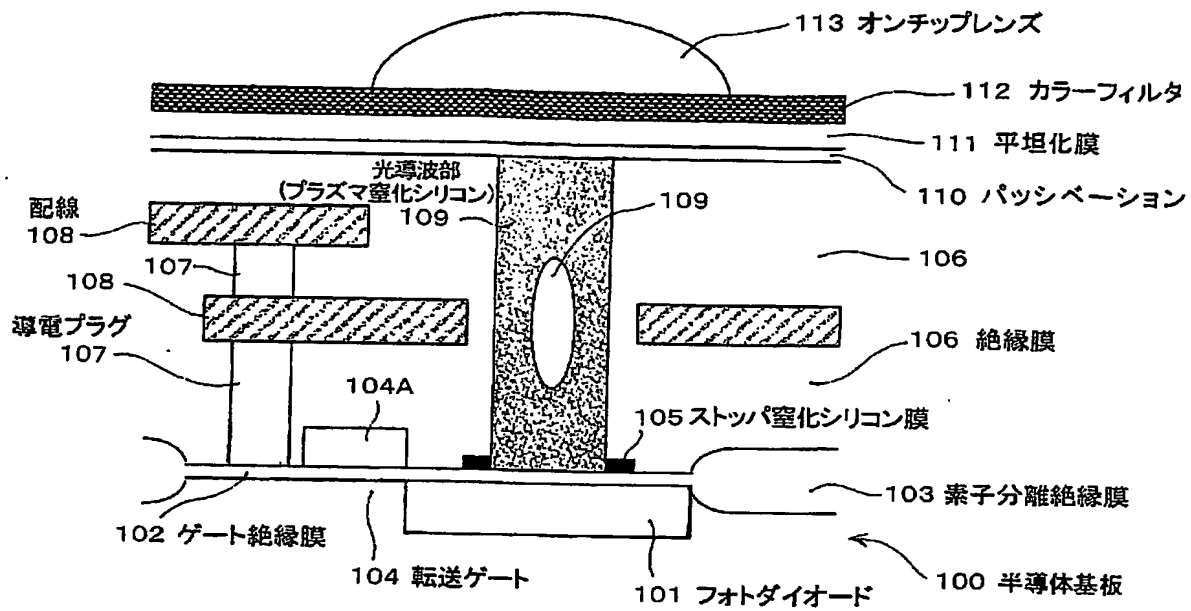
(D)



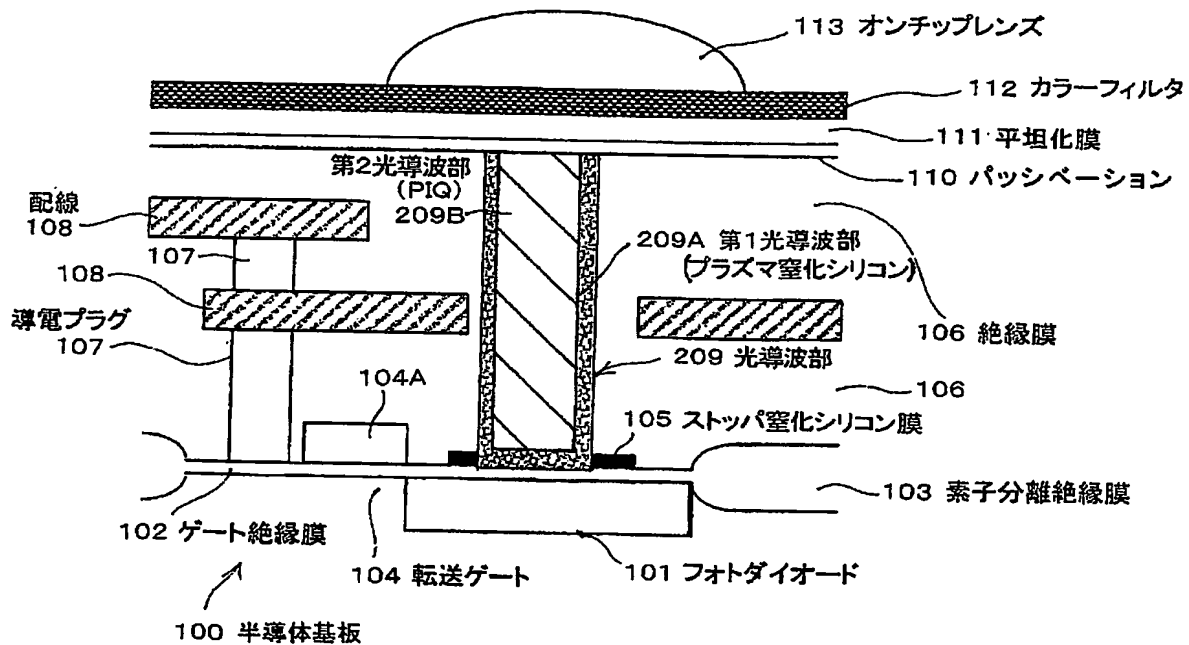
【図5】



【図6】



【図7】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 光導波路から光電変換部への金属拡散による白点増加を抑制し、画質の向上を図る。

【解決手段】 フォトダイオード1の受光領域上にプラズマ窒化シリコンよりなる第1光導波部9Aとポリイミドよりなる第2光導波部9Bで構成した光導波路を設ける。そして、水素を含有したプラズマ窒化シリコンの形成後に水素雰囲気中でアニール処理を施すことにより、フォトダイオード1内への水素供給を促進する。これにより、ポリイミド等からフォトダイオード1内に拡散される金属によって生じる結晶欠陥を抑制し、白点低減効果を得る。また、光導波路を形成する際に用いるエッチングストップ膜5Aを構成するLP-窒化シリコンを受光領域以外の領域、例えばトランジスタの上層に設けることにより、水素の浸入を防止し、特性劣化を防止する。

【選択図】 図1

特願 2 0 0 2 - 3 7 3 7 4 5

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 2 1 8 5]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 3 0 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 3 5 号

氏 名

ソニー株式会社